

STUDI PERBANDINGAN KECEPATAN, UKURAN, KUALITAS VRAY DAN ARNOLD DALAM PROSES RENDERING 3D MODEL ARSITEKTURAL

Bhanu Sri Nugraha ¹⁾, Akbar Nurriszky ²⁾, Dhani Ariatmanto ³⁾, Lukman ⁴⁾

¹⁾ Teknologi Informasi, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

²⁾ Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

³⁾ Magister Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

⁴⁾ Manajemen Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Amikom Yogyakarta

email : bhanu@amikom.ac.id ¹⁾, akbar.nurriszky@students.amikom.ac.id ²⁾, dhaniari@amikom.ac.id ³⁾, masman@amikom.ac.id ⁴⁾

INFO ARTIKEL

Riwayat Artikel:

Diterima September 2023

Revisi November 2023

Terbit November 2023

ABSTRAK

Vray dan Arnold merupakan *render engine* yang dapat digunakan menggunakan *software autodesk maya*. Untuk mengetahui karakter kedua *render engine* tersebut peneliti melakukan observasi dan studi literatur yang kemudian mencari sampel data berupa 3D *modelling*. Pengumpulan data *rendering* dibagi menjadi tiga yaitu data kecepatan *rendering*, data ukuran *rendering*, dan data tampilan hasil *rendering*. Pengumpulan data kecepatan dan ukuran menggunakan metode pendekatan kuantitatif yang kemudian dilakukan pengujian, sedangkan data tampilan menggunakan kuesioner yang menggunakan metode pendekatan kualitatif yang tanpa menggunakan populasi dan sampel kemudian dilakukan pengujian. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa *render engine vray* dan *Arnold* memiliki perbedaan yang signifikan berdasarkan dari kecepatan dan ukuran *rendering*. *Arnold* memiliki waktu *rendering* dan ukuran *file* yang dihasilkan lebih unggul dibandingkan *vray* dengan rata-rata nilai kecepatan 0,0580 menit dan rata-rata nilai ukuran 0,63800 MB, sedangkan dari segi tampilan *vray* memiliki keunggulan dikarenakan *vray* menghasilkan gambar yang bagus dan tampak realistis dengan nilai rata-rata 3,09 responden menjawab "Sangat Bagus" dan 3,05 responden menjawab "Sangat Realistis".

Kata Kunci :

render engine; rendering; vray; Arnold; 3D modelling.

ABSTRACT

Vray and Arnold are two rendering engine plugins that can be used using Autodesk Maya software. To find out the characteristics of the two rendering engines, researchers carried out observations and literature studies and then looked for data samples in the form of 3D modeling. Rendering data collection is divided into three, namely rendering speed data, rendering size data, and rendering results display data. Speed and size data were collected using a quantitative approach method which was then tested, while display data used a questionnaire which used a qualitative approach method without using populations and samples and then tested. The results of this research show that the VRay and Arnold rendering engines have significant differences based on rendering speed and size. Arnold has a rendering time and resulting file size that is superior to VRay with an average speed value of 0.0580 minutes and an average size value of 0.63800 MB, while in terms of appearance VRAY has an advantage because VRAY produces good and realistic looking images. with an average value of 3.09 respondents answered "Very Good" and 3.05 respondents answered "Very Realistic".

Penulis Korespondensi :

Akbar Nurriszky
Informatika, Fakultas Ilmu Komputer,
Universitas Amikom Yogyakarta

Email:

akbar.nurriszky@students.amikom.ac.id

Keywords :

render engine; rendering; vray; Arnold; 3D modelling

1. PENDAHULUAN

Pemodelan 3 dimensi menjadi salah satu komponen yang penting dalam melakukan produksi digital saat ini. Mulai dari 3D asset, desain interior, arsitektur, film, *game*, animasi dan masih banyak lagi. Pemodelan 3D merupakan gambaran dari suatu benda yang memiliki satuan bentuk panjang, lebar, dan tinggi [1]. Bidang pemodelan 3D telah mengalami perkembangan dan kemajuan yang pesat, berkat kemajuan teknologi komputer dan perangkat lunak. Hal ini menyebabkan munculnya alat dan teknik yang semakin canggih untuk membuat model 3 dimensi. Misalnya, teknologi pencetakan 3D telah mengalami kemajuan signifikan di berbagai industri, termasuk industri mekanik dan militer, sehingga memungkinkan produksi komponen yang kompleks [2].

Selain teknik pemodelan, penyediaan bahan dan tekstur merupakan langkah penting dalam proses produksi pemodelan 3D. Bahan dan tekstur menambah realisme dan detail pada model, menjadikannya menarik secara visual dan hidup. Pemilihan dan penerapan bahan dan tekstur yang tepat memerlukan pemahaman mendalam tentang grafis komputer dan prinsip desain [3]. Keluaran dari proses produksi akan divisualisasikan dengan cara *rendering* menggunakan mesin *rendering*. *Rendering* adalah proses menghasilkan gambar beresolusi tinggi menggunakan perangkat lunak, yang biasa digunakan dalam animasi, *video game*, dan efek visual dalam film [4].

Rendering merupakan langkah penting dalam proses mengubah desain model 3D menjadi format gambar 2D. Langkah tersebut melibatkan pemetaan adegan dan model 3D yang disimulasikan menjadi gambar *rendering* melalui transformasi koordinat ruang [5]. Di bidang grafik komputer, mesin *rendering* memainkan peran penting dalam menghasilkan gambar yang realistis. Meskipun mesin *rendering default* dalam perangkat lunak seperti *3DS Max* dan *Autodesk Maya* banyak digunakan, mesin tersebut sering kali gagal dalam menghasilkan gambar dengan karakteristik bentuk yang realistis [6]. *Render engine* yang akan digunakan guna mendekati karakteristik yang sesuai dengan kebutuhan produksi yaitu *Vray* dan *Arnold*.

Vray merupakan *render engine* yang algoritmanya menggunakan teknik *ray tracing* yang dimana teknik ini mampu menghasilkan citra dengan karakteristik yang realistis. Algoritma *ray tracking* memiliki cara kerja dengan menelusuri jalur cahaya yang berasal dari kamera melewati *pixel* dalam bidang gambar yang kemudian disimulasikan efek pertemuannya dengan objek virtual [7]. *Arnold* merupakan teknik yang secara umum memiliki efisiensi dalam membuat gambar yang kompleks dan efek visual yang sederhana [8]. Fungsi dari teknik *Arnold* ini memiliki kesamaan dengan teknik *render mental ray*, hanya saja membutuhkan versi *software* yang lebih tinggi [9]. Teknik *Arnold* merupakan *render engine* yang sederhana tetapi mampu menghasilkan gambar yang indah [10].

Arnold memiliki fitur *beauty processing* yang dapat menghasilkan gambar yang begitu indah dan tampak halus, sedangkan *vray* yang menggunakan algoritma *ray tracing* yang dimana algoritma ini membutuhkan waktu *rendering* yang lama agar menghasilkan gambar yang tampak realistis. *Arnold* adalah mesin render berbasis fisik (PBR) dan dapat digunakan untuk membuat ulang geometri lokasi kecelakaan dan kondisi pencahayaan [11]. Tujuannya adalah untuk menciptakan sumber cahaya di dalam *Arnold* yang mewakili sumber cahaya dunia nyata. Sumber cahaya di *Arnold* diukur berdasarkan beberapa variabel, termasuk intensitas, warna, dan ukuran [12]. Variabel intensitas dan ukuran menentukan pancaran sendiri sumber cahaya dan memerlukan penjelasan lebih lanjut untuk menentukan hubungan antara variabel-variabel ini di *Arnold* dan kuantitas pencahayaan di dunia nyata [13].

Pada penelitian sebelumnya *Arnold* mendapati rata-rata waktu *rendering* yang lama dibandingkan dengan *render engine mental ray* [14]. Untuk mengetahui karakteristik dari kedua *render engine* yang baik dengan waktu *rendering* yang cepat, *file size* yang ringan, dan kualitas gambar yang indah dan realistis, maka dilakukan penelitian ini dengan melakukan eksperimen menggunakan 10 sampel objek 3D dan melakukan *rendering* secara satu-persatu terhadap kedua *render engine* tersebut.

Terdapat permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini yaitu bagaimana hasil gambar yang diciptakan, cara penerapan dari *render engine Vray* dan *Arnold*, serta karakteristik yang dihasilkan dari *render engine Vray* dan *Arnold*. Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kecepatan, ukuran dan kualitas visual dari *render engine Vray* dan *Arnold*. Kontribusi penelitian ini terletak pada pemahaman mendalam mengenai karakteristik *Vray* dan *Arnold* dalam konteks waktu *rendering*, ukuran *file*, dan kualitas visual. Manfaatnya meliputi adanya bimbingan dan pengetahuan dalam memilih *render engine* yang sesuai dengan kebutuhan produksi, mengoptimalkan efisiensi, dan meningkatkan kualitas hasil akhir.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Objek dalam melakukan penelitian ini, yaitu perbandingan terhadap *render engine Vray* dengan *Arnold*. Peneliti mengumpulkan data yang berupa *3D modelling* yang terdiri dari 10 sampel data. Data tersebut diperoleh dengan gratis dan berbayar melalui *website Sketchfab* yang menyediakan beberapa *asset 3D modelling* yang dibutuhkan oleh peneliti.

Dari objek penelitian tersebut akan terbagi menjadi 2 hasil render, yaitu hasil dari render engine *vray* dan hasil dari render engine *Arnold*. Hasil render tersebut berupa gambar berekstensi PNG yang kemudian dicantumkan ke dalam *google form* untuk mencari nilai visual dari hasil responden.

2.1 Tahapan Penelitian

Pada penelitian ini dimulai dengan melakukan pengumpulan data dengan cara observasi dan studi pustaka yang kemudian melakukan persiapan dengan mencari beberapa model objek *3D Yunani Temple*. Kemudian melakukan *importing* ke dalam aplikasi 3D yaitu *Autodesk Maya 2022*.

Setelah mengimpor beberapa objek *3D Yunani Temple* yaitu melakukan *rendering* dengan sebelumnya melakukan beberapa pengaturan cahaya dan sudut pandang atau perspektif. Dari melakukan *rendering* tersebut dilakukannya perhitungan waktu untuk mengetahui seberapa lama melakukan *rendering* terhadap objek 3D tersebut secara satu persatu [15]. Hasil *rendering* tersebut kemudian di analisis seberapa besar output ukuran *file* atau *size* yang dihasilkan oleh masing-masing *render engine* terhadap objek 3D secara satu persatu.

Data kecepatan dan ukuran kemudian dimasukkan kedalam tabel parameter pengukuran. Setelah itu dilakukannya perhitungan rata rata kecepatan dan ukuran terhadap data yang telah dikumpulkan [16]. Rata rata atau *mean* dilakukan perhitungan menggunakan aplikasi *SPSS versi 27.0.1* dengan cara menampilkan data statistik yang berbentuk tabel statistik deskriptif.

Pengujian kualitas gambar hasil *rendering* dilakukan dengan cara membuat beberapa pertanyaan atau kuesioner dengan penilaian menggunakan skala *likert* yang akan dijawab oleh responden melalui *google form*. Setelah data telah terkumpul kemudian dilakukannya uji validitas dan reliabilitas menggunakan aplikasi *SPSS versi 27.0.1* Kemudian hasil dari statistik pencarian rata rata kecepatan, ukuran *render* dan pengujian visual dapat ditarik kesimpulan.

2.2 Pengukuran Variabel

Parameter pengukuran variabel digunakan untuk melakukan pengukuran dan teknik pengujian dalam mencari nilai waktu *rendering* yang dibutuhkan dan ukuran *file* yang dihasilkan dari *rendering 3D model* menggunakan *render engine Vray* maupun *Arnold* serta menghasilkan nilai gambar yang baik, jelas dan dapat diterima sesuai kebutuhan menggunakan kuesioner. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Parameter pengukuran variabel

No	Pengukuran Variabel	Indikator Variabel	Skala Pengukuran
1.	Waktu <i>rendering</i> menggunakan <i>render engine Vray</i> dan <i>Arnold</i>	Membandingkan kecepatan saat proses <i>rendering</i> menggunakan <i>render engine Vray</i> dan <i>Arnold</i> terhadap 10 sampel objek 3D Arsitektur <i>Yunani Temple</i> .	<i>Minute</i> dan <i>Second</i>
2.	Ukuran <i>file</i> hasil <i>rendering</i> dari <i>render engine Vray</i> dan <i>Arnold</i>	Membandingkan ukuran <i>file</i> hasil dari <i>rendering</i> menggunakan <i>render engine Vray</i> dan <i>Arnold</i> terhadap 10 sampel objek 3D Arsitektur <i>Yunani Temple</i> .	<i>Megabyte</i> (MB)
3.	Kualitas gambar hasil <i>rendering</i> menggunakan <i>render engine Vray</i> dan <i>Arnold</i>	Membandingkan gambar hasil dari <i>rendering</i> menggunakan <i>render engine Vray</i> dan <i>Arnold</i> terhadap 10 sampel objek 3D Arsitektur <i>Yunani Temple</i> .	5 = Sangat Bagus 4 = Bagus 3 = Biasa 2 = Buruk 1 = Sangat Buruk

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini merupakan tahap dimana melakukan penerapan kedua *render engine* terhadap objek sampel yang digunakan. Dalam penerapan ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah dalam melakukan *rendering* terhadap *render engine Vray* dan *Arnold*. Tidak hanya itu, adapun beberapa pembahasan yang akan dijelaskan diantaranya *render setting*, pemberian pencahayaan, dan perspektif.

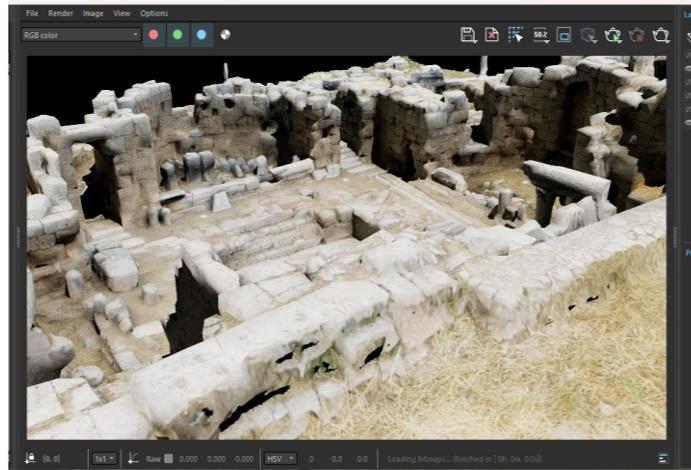
Setelah melakukan impor terhadap objek sampel yang telah dikumpulkan, kemudian diimportkan kedalam aplikasi *autodesk maya 2022* secara satu persatu untuk melakukan pemberian sumber pencahayaan dan melakukan pengaturan terhadap sudut pandang atau perspektif yang ingin diambil atau *take picture*.

Untuk pencahayaan yang digunakan dari kedua *render engine* yang peneliti gunakan yaitu *VRay Sunlight* dari *render engine Vray* dan *Physical Sky* dari *render engine Arnold*. Sudut pandang perspektif yang peneliti gunakan untuk melakukan *take picture* yaitu menggunakan perspektif *PerspShape* yang dimana dapat melakukan *Interactive Rendering* atau dapat merubah perspektif secara *live* atau langsung pada saat melakukan *rendering view*.

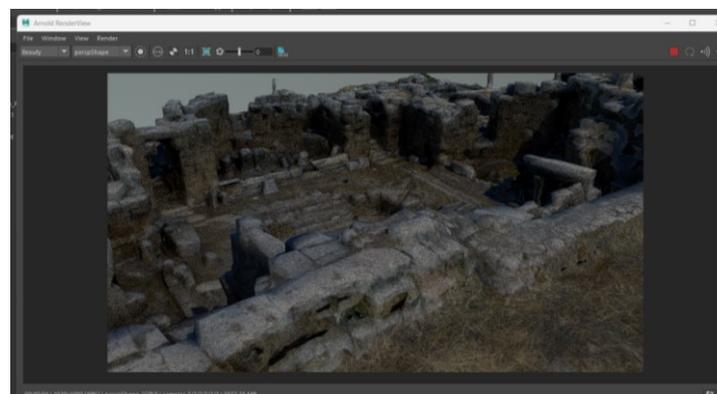
Setelah melakukan pengaturan terhadap gambar hasil pengeluaran, maka dilakukannya proses *rendering*. Pada tahap ini, peneliti melakukan *rendering* terhadap sampel 3D objek secara satu-persatu. Agar dapat menghasilkan gambar yang kemudian digunakan sebagai kuesioner untuk mendapatkan nilai visual, peneliti melakukan ekspor gambar dengan cara memilih *File* pada *menu bar* pada jendela *Render the Current View* dan kemudian memilih *Save Current Channel* pada *Vray Frame Buffer* atau *Save Image* pada *Arnold Render View*.

Pada tahap berikutnya peneliti melakukan *rendering* dari 3D objek yang digunakan sebagai data sampel pada penelitian ini secara satu-persatu dengan memperhatikan waktu yang dibutuhkan pada saat *rendering* dan ukuran yang dihasilkan. Hasil tersebut kemudian diinputkan kedalam tabel parameter agar hasil tersebut menjadi data yang kemudian dapat diuji untuk mencari nilainya.

Agar dapat menghasilkan gambar yang kemudian digunakan sebagai kuesioner untuk mendapatkan nilai visual, peneliti melakukan ekspor gambar dengan cara memilih *File* pada *menu bar* pada jendela *Render the Current View* dan kemudian memilih *Save Current Channel* pada *Vray Frame Buffer* (gambar 1) atau *Save Image* pada *Arnold Render View* (gambar 2).



Gambar 1 Hasil gambar *vray frame buffer*



Gambar 2 Hasil gambar *Arnold render view*

3.1 Analisis Waktu Rendering

Pada tahap melakukan analisa data waktu *rendering* ini, peneliti mendapati hasil yang dapat dilihat pada Tabel 2 dibawah ini.

Tabel 2. Analisis waktu *rendering*

No	Yunani Temple	Vray	Arnold
1.	<i>Ancient Greek Temple</i>	02:58	00:05
2.	<i>Ancient Greek Temple Altar</i>	00:20	00:05
3.	<i>Parthenon Acropolis Athena</i>	00:31	00:06
4.	<i>Poseidon Temple at Seunion</i>	01:06	00:01
5.	<i>Tholos of Delphi</i>	05:33	00:03
6.	<i>Sanctuary Ancient Altar</i>	06:00	00:03
7.	<i>Temple of Concordia, Agrigento</i>	05:50	00:08
8.	<i>The Fountain Altar</i>	01:24	00:04
9.	<i>Greek Orthodox Church St. Prodromos 1919</i>	04:43	00:18
10.	<i>Ancient Corinth Peirene Fountain</i>	01:33	00:05

3.2 Analisis Ukuran Hasil Rendering

Setelah peneliti mendapati hasil dari analisa waktu *rendering*, kemudian peneliti melakukan analisa data terhadap ukuran dari hasil *rendering* tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3. Analisis ukuran *rendering*

No	Yunani Temple	Vray	Arnold
1.	<i>Ancient Greek Temple</i>	3,60 MB	0,771 MB
2.	<i>Ancient Greek Temple Altar</i>	1,37 MB	0,519 MB
3.	<i>Parthenon Acropolis Athena</i>	2,53 MB	0,841 MB
4.	<i>Poseidon Temple at Seunion</i>	1,94 MB	0,443 MB
5.	<i>Tholos of Delphi</i>	1,55 MB	0,742 MB
6.	<i>Sanctuary Ancient Altar</i>	1,24 MB	0,299 MB
7.	<i>Temple of Concordia, Agrigento</i>	1,87 MB	0,797 MB
8.	<i>The Fountain Altar</i>	0,737 MB	0,299 MB
9.	<i>Greek Orthodox Church St. Prodromos 1919</i>	1,68 MB	0,699 MB
10.	<i>Ancient Corinth Peirene Fountain</i>	2,59 MB	0,97 MB

3.3 Analisis Visual

Gambar hasil *ekspor rendering* digunakan untuk mendapatkan data tampilan, yang kemudian *diinputkan* ke dalam kuesioner dengan memanfaatkan *google form*. Menggunakan pengumpulan data tampilan atau *visual*, peneliti menggunakan pendekatan metode kualitatif yang dimana jumlah respondennya peneliti tidak menggunakan perhitungan populasi dan sampel. Jumlah responden yang akan digunakan peneliti sebanyak 100 responden.

Nama responden ditanyakan dalam kuesioner, seberapa mengertinya atau paham responden tentang dunia *rendering* 3D objek, penilaian seberapa realistisnya gambar yang dihasilkan dari *render engine* yang digunakan dan seberapa indah atau bagusya gambar yang dihasilkan oleh *render engine* yang digunakan terhadap semua gambar hasil *rendering*. Jadi total pertanyaan yang diajukan sebanyak 42 pertanyaan.

Responden yang telah melewati uji validitas dan uji reliabilitas, peneliti melakukan pencarian nilai *modus* dengan *rata-rata* atau *mean* menggunakan tabel frekuensi statistik, dengan begitu peneliti akan mendapati bahwasannya seberapa realistisnya dan seberapa bagusya hasil gambar dari *render engine Vray* dan *Arnold* dengan parameter frekuensi keluaran terbanyak.

Data sejumlah 1050 digunakan untuk tingkat kerealistisan menggunakan *render engine Arnold* memiliki frekuensi terbanyak 3 dengan rata-rata 3.00, dapat disimpulkan bahwa *render engine Arnold* memiliki tingkat realistik yang 'Biasa'. Untuk tingkat keindahan *render engine Arnold* memiliki frekuensi terbanyak 5 dengan rata-rata 3,01 yang dimana *render engine Arnold* memiliki tingkat keindahan yang "Sangat Bagus".

Pada *render engine Vray* dari 840 data, untuk tingkat keelastisannya memiliki frekuensi terbanyak 5 dengan rata-rata 3,05 yang dimana *Vray* memiliki tingkat kerealistisan yang "Sangat Realistik". Jika dari tingkat keindahan *render engine Vray* dari 630 data memiliki frekuensi terbanyak 5 dengan rata-rata 3.09 yang dapat disimpulkan bahwa *render engine Vray* memiliki tingkat keindahan "Sangat Bagus".

4. KESIMPULAN

Setelah menyelesaikan tahapan-tahapan dalam melakukan perbandingan terhadap *render engine Vray* dengan *Arnold* mendapati kesimpulan yang diperoleh dari analisis dan pengujian yang telah dilakukan sebagai berikut:

Berdasarkan hasil pengujian waktu *rendering* yang telah dilakukan maka didapat hasil bahwa terdapat perbedaan yang signifikan antara *render engine Vray* dengan *Arnold* dengan nilai signifikansi 0,001. *Vray* memiliki rata-rata 2,7980 dalam satuan menit dan *Arnold* memiliki rata-rata 0,0580 dalam satuan menit yang dimana *render engine Arnold* memiliki waktu *rendering* lebih cepat dibanding *render engine Vray*.

Berdasarkan hasil pengujian ukuran *rendering* yang telah dilakukan didapat hasil bahwa terdapat perbedaan yang signifikan yang memiliki nilai signifikansi < 0,001 yang dimana *render engine Vray* memiliki rata-rata 1,91070 dalam satuan MB dan *render engine Arnold* memiliki rata-rata 0,63800 dalam satuan MB yang dimana *render engine Arnold* memiliki ukuran *file* lebih ringan dibanding *render engine Vray*.

Berdasarkan hasil uji tampilan hasil *rendering* didapat hasil bahwasannya *render engine Vray* memiliki nilai kerealistisan "Sangat Bagus" dengan rata-rata 3,05 dan nilai keindahan yang "Sangat Bagus" dengan rata-rata 3,09 dari 105 responden. *Render engine Arnold* memiliki nilai kerealistisan "Biasa" dengan rata-rata 3,00 dan nilai keindahan yang "Sangat Bagus" dengan rata-rata 3,01. Jadi *render engine Vray* memiliki tingkat tampilan yang lebih baik dibandingkan *render engine Arnold*.

Penelitian ini memiliki batasan, termasuk penggunaan sampel objek 3D yang mungkin tidak mencakup semua skenario industri pemodelan 3D. Faktor perangkat keras dan konfigurasi sistem dapat memengaruhi hasil waktu *rendering*. Selain itu, penilaian tampilan hasil *rendering* bersifat subjektif dan dapat dipengaruhi oleh preferensi individual.

Agar penelitian lebih solid, di masa depan, dapat dipertimbangkan penggunaan objek 3D yang lebih bervariasi dan kompleks. Pengujian pada berbagai konfigurasi perangkat keras dan sistem juga perlu diperhitungkan. Metode objektif, seperti pengukuran kualitas visual otomatis, dapat menambahkan dimensi analisis yang lebih obyektif. Lebih lanjut, melibatkan umpan balik dari pengguna profesional dapat memberikan wawasan praktis yang lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] L. Vinet dan A. Zhedanov, "Implementasi Render Engine Vray Untuk Pemodelan Interior 3 Dimensi," *J Phys A Math Theor*, vol. 44, no. 8, hlm. 1–19, doi: 10.1088/1751-8113/44/8/085201, 2019.
- [2] D. Liu, J. Liu, Y. Ren, & Y. Zhang, "Research on key technology of complex components based on 3d printing", *Journal of Physics Conference Series*, vol. 2478, no. 9, p. 092029, 2023. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2478/9/092029>
- [3] C. Kirpes and D. Sly, "Quantitative model for the value of the 3d product model use in production processes", *Applied System Innovation*, vol. 4, no. 4, p. 90, 2021. <https://doi.org/10.3390/asi4040090>
- [4] D. Shin, K. Cho, & H. Bahn, "File type and access pattern aware buffer cache management for rendering systems", *Electronics*, vol. 9, no. 1, p. 164, 2020. <https://doi.org/10.3390/electronics9010164>
- [5] C. Tang and T. Wang, "Research on 3d rendering effect under multi-strategy", 2023. <https://doi.org/10.4108/eai.2-12-2022.2327947>
- [6] O. Wiles, G. Gkioxari, R. Szeliski, & J. Johnson, "Synsin: end-to-end view synthesis from a single image", 2020. <https://doi.org/10.1109/cvpr42600.2020.00749>
- [7] E. A. Gardner, *Agama dan Seni Yunani Kuno*. Yogyakarta: Basabasi. [Daring]. Tersedia pada: https://www.google.co.id/books/edition/Agama_dan_Seni_di_Yunani_Kuno/qK0TEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=agama+dan+seni+yunani+kuno&printsec=frontcover, 2021.
- [8] G. Le, H. Truong, dan I. Technology, "3D Modeling Assets And Props With Maya General 3D Modeling Pipeline," 2022.
- [9] A. Linné, "Evaluating the Impact of V-Ray Rendering Engine Settings on Perceived Visual Quality and Render Time A Perceptual Study," no. September [Daring]. Tersedia pada: www.bth.se, 2019.
- [10] W. Winarja, M. Suyanto, dan A. Nasiri, "Analisis Dan Optimasi Rendering Pada Autodesk Maya Dengan Menggunakan UE4," *Creative Information Technology Journal*, vol. 7, no. 2, hlm. 142, doi: 10.24076/citec.2020v7i2.260, 2021.

-
- [11] H. B. T. Barus dan R. Riwinoto, "Analisis Perbandingan Mesin Render Redshift, Arnold Renderer, Maya Hardware 2.0 Pada Shot Indoor Dan Outdoor Di Dalam Kondisi Siang Dan Malam Pada Animasi 3d 'Telat,'" *Journal of Applied Multimedia and Networking*, vol. 5, no. 1, hlm. 85–97, doi: 10.30871/jamn.v5i1.2667, 2021.
- [12] S. Tickoo dan M. Thomas, *Autodesk Maya 2020 A Comprehensive Guide*, 12th Editi. United States: CADCIM Technologies. [Daring]. Tersedia pada: https://www.google.co.id/books/edition/Autodesk_Maya_2020_A_Comprehensive_Guide/tioGEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1&dq=autodesk+maya&pg=SA1-PA30&printsec=frontcover, 2020.
- [13] N. Nurhayati dan N. Novianti, "Pengaruh Spss Terhadap Hasil Belajar Pada Materi Statistika Deskriptif," *AKSIOMA: Jurnal Program Studi Pendidikan Matematika*, vol. 9, no. 1, hlm. 101, doi: 10.24127/ajpm.v9i1.2609, 2020.
- [14] Risqi, Sonia All. "Analysis Matrice Operation Expression With Facial Character On Controller Position." *Journal Of Applied Multimedia and Networking* 2, no. 2 (2018): 27-44.
- [15] B. Nusa Bhakti, Y. Nurfaizal, dan T. Anwar, "Analisis Komparasi Teknik Rendering Blender Render Dan Cycles Render Pada Video Animasi 3d Tentang Alat Pencernaan Manusia," *Technomedia Journal*, vol. 6, no. 2, hlm. 188–196, doi: 10.33050/tmj.v6i2.1723, 2021.
- [16] V. H. Pranatawijaya, W. Widiatry, R. Priskila, dan P. B. A. A. Putra, "Penerapan Skala Likert dan Skala Dikotomi Pada Kuesioner Online," *Jurnal Sains dan Informatika*, vol. 5, no. 2, hlm. 128–137, doi: 10.34128/jsi.v5i2.185, 2019.